

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2017-512997

(P2017-512997A)

(43) 公表日 平成29年5月25日(2017.5.25)

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)
GO 1 T 1/161 (2006.01) GO 1 T 1/161 C 4 C 1 8 8

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2016-558705 (P2016-558705)
 (86) (22) 出願日 平成27年3月17日 (2015. 3. 17)
 (85) 翻訳文提出日 平成28年10月14日 (2016. 10. 14)
 (86) 国際出願番号 PCT/IB2015/051925
 (87) 国際公開番号 W02015/145301
 (87) 国際公開日 平成27年10月1日 (2015. 10. 1)
 (31) 優先権主張番号 61/971, 769
 (32) 優先日 平成26年3月28日 (2014. 3. 28)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 590000248
 コーニンクレッカ フィリップス エヌ
 ヴェ
 KONINKLIJKE PHILIPS
 N. V.
 オランダ国 5656 アーエー アイン
 ドーフェン ハイテック キャンパス 5
 High Tech Campus 5,
 NL-5656 AE Eindhove
 n
 (74) 代理人 110001690
 特許業務法人M&Sパートナーズ

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 陽電子放射断層撮影 (PET) における欠落画素の補償

(57) 【要約】

陽電子放射断層撮影 (PET) イメージングにおける 1 つ又は複数の欠落画素を補償するためのシステム 10 及び方法 100 である。画素補償プロセッサが、対象者の標的ボリュームを表す PET データを受信する。PET データは、1 つ又は複数の欠落画素についてデータが欠落している。画素補償は、受信される PET データから欠落画素の PET データを推定する。

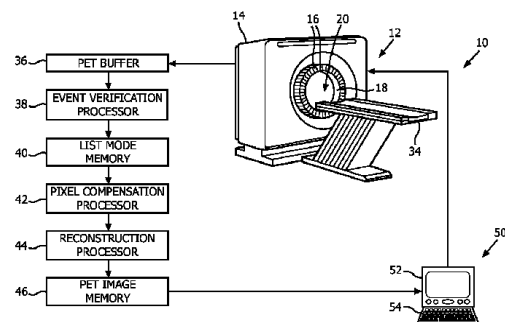


FIG. 2

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

陽電子放射断層撮影 (PET) イメージングにおける 1 つ又は複数の欠落画素を補償するためのシステムであって、

対象者の標的ボリウムを表す PET データを受信することであって、前記 PET データは 1 つ又は複数の欠落画素についてデータが欠落している、前記 PET データを受信すること、及び

受信される前記 PET データから前記欠落画素の PET データを推定することを行う画素補償プロセッサを含む、システム。

10

【請求項 2】

画素は、シンチレーション事象の場所が突き止められ得る最も狭い領域である、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 3】

前記画素補償プロセッサが、

近傍画素の PET データを複製すること、及び

複製 PET データ内の前記近傍画素の位置を前記欠落画素の位置と置き換えること

によって前記欠落画素の 1 つに対する前記 PET データを推定する、請求項 1 及び 2 の何れか一項に記載のシステム。

20

【請求項 4】

前記受信される PET データが各リスト項目における同時事象を表すリストモードデータであり、前記複製 PET データは前記受信される PET データのリスト項目である、請求項 3 に記載のシステム。

【請求項 5】

前記画素補償プロセッサが、

前記欠落画素の近くにあり、前記受信される PET データ内に含まれる画素の PET データの部分集合を確率的に選択すること、

選択された PET データの部分集合を複製し又は加重結合すること、及び

複製され又は加重結合された PET データ内の前記近傍画素の位置を前記欠落画素の位置と置き換えること

30

によって前記欠落画素の 1 つに対する前記 PET データを推定する、請求項 1 乃至 4 の何れか一項に記載のシステム。

【請求項 6】

前記受信される PET データがサイノグラムデータであり、前記画素補償プロセッサが、前記サイノグラム領域内の前記欠落画素の前記 PET データを推定する、請求項 1 乃至 5 の何れか一項に記載のシステム。

【請求項 7】

前記サイノグラム領域が飛行時間 (TOF) のディメンションを含む、請求項 6 に記載のシステム。

【請求項 8】

40

前記画素補償プロセッサが、

前記欠落画素に関連する前記サイノグラム領域内の各離散位置の値を近くの位置の値から補間すること

によって前記欠落画素の 1 つに対する前記 PET データを推定する、請求項 1 乃至 7 の何れか一項に記載のシステム。

【請求項 9】

前記受信される PET データ及び前記生成される PET データを前記標的ボリウムの画像表現へと再構成する再構成プロセッサ

を更に含む、請求項 1 乃至 8 の何れか一項に記載のシステム。

【請求項 10】

50

陽電子放射断層撮影 (PET) イメージングにおける 1 つ又は複数の欠落画素を補償するための方法であって、前記方法は、

対象者の標的ボリュームを表す PET データを受信するステップであって、前記 PET データは 1 つ又は複数の欠落画素についてデータが欠落している、前記 PET データを受信するステップと、

受信される前記 PET データから前記欠落画素の PET データを推定するステップとを含む、方法。

【請求項 11】

画素は、シンチレーション事象の場所が突き止められ得る最も狭い領域である、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 12】

前記推定するステップが、

前記欠落画素の 1 つの近傍画素の PET データを複製するステップと、

複製 PET データ内の前記近傍画素の位置を前記欠落画素の位置と置き換えるステップと

を含む、請求項 10 及び 11 の何れか一項に記載の方法。

【請求項 13】

前記受信される PET データが各リスト項目における同時事象を表すリストモードデータであり、前記複製 PET データは前記受信される PET データのリスト項目である、請求項 12 に記載の方法。

【請求項 14】

前記推定するステップが、

前記欠落画素の 1 つの近くにあり、前記受信される PET データ内に含まれる画素の PET データの部分集合を確率的に選択するステップと、

選択された PET データの部分集合を複製し又は加重結合するステップと、

複製 PET データ内の前記近傍画素の位置を前記欠落画素の位置と置き換えるステップと

を含む、請求項 10 乃至 13 の何れか一項に記載の方法。

【請求項 15】

前記受信される PET データがサイノグラムデータであり、前記方法が、

前記サイノグラム領域内の前記欠落画素の前記 PET データを推定するステップ

を更に含む、請求項 10 乃至 14 の何れか一項に記載の方法。

【請求項 16】

前記サイノグラム領域が飛行時間 (TOF) のディメンションを含む、請求項 15 に記載の方法。

【請求項 17】

前記推定するステップが、

前記欠落画素に関連する前記サイノグラム領域内の各離散位置の値を近くの位置の値から補間するステップ

を含む、請求項 10 乃至 16 の何れか一項に記載の方法。

【請求項 18】

前記受信される PET データ及び前記生成される PET データを前記標的ボリュームの画像表現へと再構成するステップ

を更に含む、請求項 10 乃至 17 の何れか一項に記載の方法。

【請求項 19】

請求項 10 乃至 18 の何れか一項に記載の方法を実行する、少なくとも 1 個のプロセッサ。

【請求項 20】

陽電子放射断層撮影 (PET) イメージングにおける 1 つ又は複数の欠落画素を補償するためのシステムであって、

10

20

30

40

50

対象者の標的ボリュームを表す P E T データを生成する複数のシリコン光電子増倍管 (S i P M) と、

対象者の標的ボリュームを表す P E T データを前記 S i P M から受信することであって、前記 P E T データは機能していない S i P M に関連する欠落画素についてデータが欠落している、前記 P E T データを前記 S i P M から受信すること、及び

受信される前記 P E T データから前記欠落画素の P E T データを生成することを行う画素補償プロセッサとを含む、システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本願は、概して陽電子放射断層撮影 (P E T) に関する。本願は、欠落画素を補償することに関して特に応用され、とりわけ欠落画素の補償に関して説明される。但し、本願は他の使用シナリオにも応用され、必ずしも上記の応用に限定されないことが理解されるべきである。

【背景技術】

【0002】

過去、P E T システムは光を検出するために 1 . 5 インチの光電子増倍管 (P M T) 等の P M T を概して使用してきた。典型的な P M T ベースの P E T システムは約 1 2 , 0 0 0 から 3 3 , 0 0 0 の個別のシンチレータを含むが、2 0 0 0 から 8 0 0 0 の P M T し

20

【0003】

か使用しない。そのため、典型的な P M T ベースの P E T システムは、機能していない P M T に全く耐えることができない。P M T の大きさが原因で、機能していない P M T は検出器の大部分を動作不能にする。更に、アンガーロジックは、検出器の動作不能部分内で生じるシンチレーション事象の位置を計算することを支援しない。

30

【0004】

最近では、P E T システムが光を検出するために 3 × 3 ミリメートル (m m) 又は 4 × 4 ミリメートル (m m) の S i P M 等の S i P M に移行している。S i P M ベースの P E T システムでは、S i P M の一部が適切に機能しない場合がある確率が高い。P M T ベースの P E T システムとは対照的に、S i P M ベースの P E T システムの S i P M チャネル数はシンチレータ数に迫る。機能していない S i P M の影響を受ける領域はかなり狭いので、S i P M ベースの P E T システムは機能していない S i P M に耐えることができる。これは S i P M に対するシンチレータの 1 対 1 の結合、及び事象の位置を突き止めるためにマイクロアンガー計算が行われる S i P M に対するシンチレータの多対 1 の結合に当てはまる。

40

【0005】

S i P M ベースの P E T システムは機能していない S i P M に耐え得るが、再構成される画像の質は低下する。機能していない S i P M は欠落画素の原因になる。画素とは、シンチレーション事象の場所が突き止められ得る最も狭い領域である。欠落画素とは、有効なデータが欠落している画素である。欠落画素は、シンチレータの性能、S i P M とシンチレータとの間の光結合、及び処理を行う電子機器の 1 つ又は複数の問題によって生じることもある。欠落画素は、再構成中のイメージングアーティファクトになる。再構成中のアーティファクトは、走査される標的ボリューム内のかなり均一の活動を伴う、より高いスタティスティックの走査 (higher statistic scans) でより顕著になる。

50

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0006】**

本願は、これらの問題及び他の問題を克服する、新規且つ改善されたシステム及び方法を提供する。

【課題を解決するための手段】**【0007】**

一態様によれば、陽電子放射断層撮影（PET）イメージングにおける1つ又は複数の欠落画素を補償するためのシステムが提供される。このシステムは、対象者の標的ボリュームを表すPETデータを受信する画素補償プロセッサを含む。PETデータは、1つ又は複数の欠落画素についてデータが欠落している。画素補償プロセッサは、受信されるPETデータから欠落画素のPETデータを更に推定する。

10

【0008】

別の態様によれば、陽電子放射断層撮影（PET）イメージングにおける1つ又は複数の欠落画素を補償するための方法が提供される。対象者の標的ボリュームを表すPETデータが受信される。PETデータは、1つ又は複数の欠落画素についてデータが欠落している。受信されるPETデータから欠落画素のPETデータが推定される。

【0009】

別の態様によれば、陽電子放射断層撮影（PET）イメージングにおける1つ又は複数の欠落画素を補償するためのシステムが提供される。このシステムは、対象者の標的ボリュームを表すPETデータを生成する複数のシリコン光電子増倍管（SiPM）を含む。このシステムは、対象者の標的ボリュームを表すPETデータをSiPMから受信する画素補償プロセッサを更に含む。PETデータは、機能していないSiPMに関連する欠落画素についてデータが欠落している。画素補償プロセッサは、受信されるPETデータから欠落画素のPETデータを更に生成する。

20

【0010】

1つの利点は、イメージングアーティファクトの減少にある。

【0011】

別の利点は画質の向上にある。

【0012】

以下の詳細な説明を読んで理解すれば、本発明の更なる利点が当業者によって理解される。

30

【0013】

本発明は、様々な構成要素及び構成要素の配置、並びに様々なステップ及びステップの配置の形を取ることができる。図面は好ましい実施形態を示すためのものに過ぎず、本発明を限定するものとして解釈されるべきではない。

【図面の簡単な説明】**【0014】**

【図1】陽電子放射断層撮影（PET）イメージングシステムを用いて生成された欠落画素を有する従来技術のサイノグラムを示す。

40

【図2】本願による画素補償プロセッサを有するPETイメージングシステムを示す。

【図3】図2のPETイメージングシステムの検出器を示す。

【図4】図1のサイノグラムと同じデータから、本願による画素補償を用いて生成されたサイノグラムを示す。

【図5】PETイメージングにおける欠落画素を補償する方法を示す。

【発明を実施するための形態】**【0015】**

光を検出するためにシリコン光電子増倍管（SiPM）を使用するPETスキャナは、欠落画素を有する確率が高い。画素とは、シンチレーション事象の場所が突き止められる最も狭い領域である。欠落画素とは、有効なデータが欠落している画素である。欠落画

50

素は、シンチレータの性能、SiPMとシンチレータとの間の光結合、SiPM、及び処理を行う電子機器の1つ又は複数の問題によって生じ得る。本願は、欠落データを他の画素のデータで埋めることによって欠落画素を補償するための手法を記載する。この手法は欠落している応答ライン(LOR: lines-of-response)をなくし、走査される標的ボリュームをより良く表す画像をもたらす。

【0016】

以下、欠落画素の欠落データを埋めるための幾つかの手法が説明される。一例では、一次近似が使用される。この手法によれば、欠落画素の近傍の画素の事象データが複製され、近傍画素の位置を欠落画素の位置と置き換えることにより、その複製データが増大させられる。別の例では、サイノグラム空間の補間が使用される。この手法によれば、欠落画素に関連するサイノグラム空間内の各位置が近傍の位置から補間される。

10

【0017】

図2を参照し、PETイメージングシステム10は、PETスキャナ12を含む。PETスキャナ12は未処理の走査データを生成し、スキャナ12の内径18のまわりに配置される複数のガンマ検出器16を収容する固定ガントリ14を含む。内径18は、脳や胴等、撮像される対象者の標的ボリュームを受け入れるための検査ボリューム20の範囲を定める。検出器16は、検査ボリューム20の長さにわたる1つ又は複数の固定リング内に概して配置される。但し、回転可能なヘッドも考えられる。検出器16は、検査ボリューム20からガンマ光子を検出し、未処理の走査データを生成する。

20

【0018】

図3を参照し、検出器16のそれぞれは、格子状に配置される1つ又は複数のシンチレータ22を含む。シンチレータ22は、ガンマ光子によるエネルギー付与に反応してシンチレートし、可視光パルスを発生させる。図示のように、ガンマ光子24がシンチレータ22内にエネルギー付与し、それにより可視光パルス28をもたらしている。可視光パルスの大きさは、対応するエネルギー付与の大きさに比例する。シンチレータ22の例は、タリウムがドープされたヨウ化ナトリウム(NaI(Tl))、セリウムがドープされたルテチウムイットリウムオルトケイ酸塩(LYSO)、及びセリウムがドープされたルテチウムオキシオルトケイ酸塩(LSO)を含む。

【0019】

シンチレータ22に加えて、検出器16は、シンチレータ22内の可視光パルスを検出するセンサ30をそれぞれ含む。センサ30は複数の感光素子32を含む。感光素子32は、シンチレータ22の格子と同様の大きさの格子状に配置され、対応するシンチレータ22に光結合される。感光素子32は、シンチレータ22に1対1の構成で、1対多の構成で、多対1の構成で、又は他の任意の構成で結合され得る。図示のように、典型的には感光素子32はシリコン光電子増倍管(SiPM)だが、光電子増倍管(PMT)も考えられる。

30

【0020】

感光素子32がSiPMである場合、典型的には図示のようにシンチレータ22と感光素子32との間に1対1の対応関係があるが、他の対応関係も考えられる。SiPMのそれぞれがフォトダイオードアレイ(例えばガイガーモードアバランシェフォトダイオードアレイ)を含み、各フォトダイオードはフォトダイオードアレイのセルに対応する。適宜、SiPM32はガイガーモードで動作して一連の単位パルスを作り出し、デジタルモードで動作するように構成される。或いは、SiPMはアナログモードで動作するように構成され得る。感光素子32がPMTである場合、多くの場合シンチレータ22間で多対1の対応関係があるが、他の対応関係も考えられる。

40

【0021】

再び図2を参照し、スキャナ12を使用して対象者を走査する間、対象者の標的ボリュームに放射性医薬品又は放射性核種が投入(inject)される。放射性医薬品又は放射性核種は、標的ボリュームからガンマ光子を放出させる。次いで標的ボリュームが、スキャナ12に対応する対象者支持台34を使用して検査ボリューム20内に配置される。標的ボ

50

リユームが検査ポリユーム20内に配置されると、標的ポリユームの走査を行うようにスキャナ12が制御され、事象データが取得される。取得される事象データは、検出器16によって検出される各シンチレーション事象の時間、位置、及びエネルギーを表し、PETデータバッファ36内に適宜記憶される。

【0022】

シンチレーション事象の位置は、スキャナ12の画素に対応する。画素とは、シンチレーション事象の場所が突き止められ得る最も狭い領域である。例えば感光素子32がSiPMであり、シンチレータ22と感光素子32との間に1対1の結合があると仮定されたい。その場合、シンチレーション事象の場所が突き止められ得る最も狭い領域は概してシンチレータ/SiPMの対であり、画素は典型的にはシンチレータ/SiPMの対に対応する。別の例として、感光素子32がPMT又はSiPMであり、シンチレータ22と感光素子32との間に多対1の結合があると仮定されたい。その場合、シンチレーション事象を個々のシンチレータ22まで局所化するためにアンガーロジックが概して使用され、画素は感光素子32ではなく典型的にはシンチレータ22に対応する。

10

【0023】

取得後、又は取得と同時に、事象検証プロセッサ38がバッファ済みの事象データをフィルタにかける。このフィルタリングは、シンチレーション事象の許容エネルギー範囲を定めるエネルギーウィンドウに対して、各シンチレーション事象のエネルギー(デジタルモード内のセル数)を比較することを含む。エネルギーウィンドウから外れるシンチレーション事象がフィルタによって除去される。典型的には、エネルギーウィンドウは、検査ポリユーム20から得られるガンマ光子の知られているエネルギー(例えば511キロ電子ボルト(keV))を中心とし、キャリブレーションファントムから作り出されるエネルギースペクトルの半値全幅(FWHM)を使用して決定される。事象検証プロセッサ38は、フィルタ済みの事象データから応答ライン(LOR)を更に生成する。LORは、互いの指定された時差範囲(即ち同時事象)内で検出器16に当たる1対のガンマ光子によって定められる。指定される時差は、ガンマが同じ対消滅事象によるものであることを確実にするのに十分短いものである。従って、シンチレーション事象と検出器16に当たるガンマ光子との間に1対1の対応関係があると仮定し、LORは1対のシンチレーション事象によって定められ得る。

20

【0024】

上記の事象データのフィルタリング及びLORの決定は、シンチレーション事象と検出器16に当たるガンマ光子との間に1対1の対応関係があると仮定した。しかし、実際にはガンマ光子が複数のシンチレーション事象をもたらし得ることを当業者なら理解されよう。一部の例では、事象データが事象検証プロセッサ38に渡される前に、ガンマ光子に基づいて事象データのシンチレーション事象が結合される。例えば、共通のガンマ光子に属するシンチレーション事象のエネルギーが合計されても良く、ガンマ光子が検出器16に当たった位置が概算され得る。次いで、事象検証プロセッサ38がフィルタリングを行い、更新された事象データからLORを決定する。

30

【0025】

同時事象を表すデータは、事象検証プロセッサ38によって決定されるとき、又は事象検証プロセッサ38によって決定されると、リストモードメモリ40内にリストとして記憶され、各リスト項目は同時事象に対応する。リスト項目のそれぞれのデータは、LORの1対のガンマ光子の場所が突き止められる2つの画素の空間データによって(例えばX及びZの位置によって)対応するLORを表す。更に、リスト項目のそれぞれのデータは、対応する同時事象の2つのガンマ光子のエネルギー、及び/又は2つのガンマ光子のタイムスタンプ若しくは2つのガンマ光子のタイムスタンプの差を任意選択的に表すことができる。

40

【0026】

画素補償プロセッサ42は、リストモードデータが生成されながら又は生成されると、リストモードデータを受信し、欠落画素の失われている事象データを他の画素の事象デー

50

タを使用することによって埋める。欠落画素とは、有効なデータが欠落している画素である。欠落画素は、シンチレータの性能、感光素子32とシンチレータ22との間の光結合、感光素子32、及び処理を行う電子機器の1つ又は複数の問題によって生じ得る。PETスキャナは3次元(3D)データを取得するので、単光子放出コンピュータ断層撮影(SPECT)及びコンピュータ断層撮影(CT)内で行われるように、単純なフラッド補正及び/又は均一性補正を検出器16において行うことができない。PETは、欠落している画素の対が生成されることを必要とする。欠落画素の失われているデータを埋めるために任意の手法が使用され得るが、2つの手法は一次近似及びサイノグラム空間の補間をそれぞれ使用する。

【0027】

10

一次近似の手法によれば、リストモードデータが直接使用される。上記のように、リストモードデータは検出される各同時事象のリスト項目を含む。各欠落画素の補償は、近傍画素に対応するリスト項目ごとに、リスト項目が選択基準を満たすかどうかを判定すること、及び選択基準を満たす場合、リスト項目を複製すること及び複製リスト項目内の近傍画素の位置を欠落画素の位置と置き換えることの両方によって行われる。近傍画素は、典型的には欠落画素に直接隣接する任意の画素だが、近傍画素を定めるための別の基準が使用されても良い。例えば近傍画素は、検出器のリングを欠落画素と共有する任意の画素、及び/又は欠落画素に直接隣接し若しくは欠落画素の所定の画素数(例えば2画素)の範囲内にある任意の画素であり得る。

【0028】

20

上記のように、リスト項目は選択基準が満たされる場合にのみ処理される。特定の選択基準が使用される必要はない。単純な事例では、全てのリスト項目が選択される。より複雑な事例では、リスト項目が確率的に選択される。例えば、各近傍画素は事象が欠落画素に関係している確率に関連付けられる。確率は、欠落画素までの近傍画素の距離及び/又は近傍画素が欠落画素と同じ検出器リング上にあるかどうかに基づき得る。例えば確率は、近傍画素が欠落画素から遠ければ遠いほど低くすることができ、且つ/又は近傍画素が欠落画素と異なる検出器リング上にある場合に低くすることができる。近傍画素に対応するリスト項目に遭遇すると乱数が決定される。決定される乱数の確率が近傍画素の確率以下である場合、リスト項目が選択される。

【0029】

30

サイノグラム空間を補間する手法によれば、リストモードデータがスライスごとにサイノグラムに変換される。この変換は、システム10の別の構成要素によって代替的に行われても良く、それにより画素補償プロセッサ42はリストモードデータではなくサイノグラムデータを受信する。典型的には、サイノグラムは真の同時事象、散乱同時事象、及び偶発同時事象(まとめてプロンプト同時事象と呼ばれる)から生成されるが、サイノグラムは真の同時事象、散乱同時事象、及び偶発同時事象の任意の組合せから生成され得る。例えば、サイノグラムは真の同時事象及び偶発同時事象から生成され得る。

【0030】

40

サイノグラム空間はLOR空間と呼ばれる場合があり、それは各位置が同時事象を測定した1対の画素を表すからである。サイノグラムは典型的には画素の空間的なつながりのデータしか提供しないが、各一致データの飛行時間(TOF)値を表すTOFデータを含むように拡張され得る。同時事象のTOF値は、同時事象を検出する1対の画素間の時間測定之差である。TOFデータを含むようにサイノグラムを拡張するために、(スライスに対応する)各サイノグラムが複数のTOFのピンごとにフレームへと分割される。TOFのピンは、それぞれのTOFのピンがスキャナ12のTOF精度に対応する部分範囲に及んだ状態で、スキャナ12のあり得るTOF値の範囲に集合的に及ぶ。例えば、典型的なスキャナは約25ピコ秒(ps)のTOF精度を有し、それによりTOFのピンのそれぞれは概して25psの範囲に及ぶ。更に、典型的なスキャナは+/-2.5ナノ秒(ns)のTOF値の範囲を有し、典型的なサイノグラムは201フレーム含む。

【0031】

50

サイノグラムを使用し、欠落画素に関連するサイノグラム内の各離散位置（即ち場所）の値が近傍の場所から補間（即ち推定）される。サイノグラムがT o Fデータを含む場合、場所はフレームに固有である。当業者なら理解するように、欠落画素はサイノグラム内の欠落データの斜線として現れる。近傍の場所とは、典型的には推定されている場所に直接隣接する任意の場所だが、近傍の場所を定めるための別の基準が使用されても良い。推定されている場所の近傍の場所は、サイノグラムにまたがることができ、且つノ又はT o Fデータが含まれる場合はフレームにまたがることのできる。或いは、推定されている場所の近傍の場所は、同じサイノグラムに限定されても良く且つノ又はT o Fデータが含まれる場合は同じフレームに限定されても良い。

【0032】

有利には、サイノグラムを使用することにより、補間は、知られているデータを適合させ、欠落している画素データを推定するためのデータモデリングを含み得る。補間は、任意の適切な補間法を使用して行われ得る。例えば補間は、良く知られている最近傍補間法を使用して行われ得る。別の例として、良く知られているバイリニア補間法やパターンマッチング法等のより複雑な技法が使用され得る。バイリニア補間法は近傍値の重み付けを行い、パターンマッチング法はサイノグラム内の正弦波の形状を調べる。コンプトン（即ち散乱）事象が検出器の中央の画素ほど効率的に収集されないことにより、低い収集効率を概して有する検出器のエッジ画素に対して非対称的な重み付けが行われても良い。

【0033】

理解されるように、サイノグラム空間を補間する手法は、一次近似の手法よりもはるかに計算集約的である。一次近似の手法はリストモードデータが生成されながら実行可能であるのに対し、サイノグラム空間を補間する手法はリストモードデータが生成されてからしか実行することができない。サイノグラム空間を補間する手法は、欠落画素の値を推定するために近傍画素の最終値を使用する。

【0034】

図4を参照し、3つの欠落画素について補償されたサイノグラムが示されている。このサイノグラムは、図1のサイノグラムを生成するために使用されたのと同じデータから生成された。サイノグラム空間を補間する手法を使用して欠落画素のデータが概算された。図1のサイノグラムとの比較により見て分かるように、補償されたサイノグラムは、再構成画像内のアーティファクトをなくす再構成用のよりきれいなデータを提供する。とりわけ図1の矢印によって区別されている欠落データ領域がデータで埋められている。

【0035】

再び図2を参照し、PET再構成プロセッサ44が、画素補償プロセッサ42からの補正済みのリストモードデータ及びノ又はサイノグラムデータを標的ボリュームの最終的な再構成画像へと再構成する。再構成画像は、典型的にはPET画像メモリ46内に記憶される。再構成画像を生成するために、任意の適切な再構成アルゴリズムが使用され得る。例えば、反復型の再構成アルゴリズムが使用され得る。

【0036】

コンピュータ等の制御システム48は、システムの利用者にグラフィカルユーザインタフェース（GUI）を提供する。利用者が制御システム48と対話できるようにするために、GUIは表示装置50及びユーザ入力装置52を利用する。GUIにより、スキャナ12を制御して対象者を撮像するために制御システム48が使用され得る。例えば利用者は、対象者の標的ボリュームのPET画像をまとめることができる。更にGUIにより、画像メモリ46内に記憶された画像を閲覧し、任意選択的に操作するために制御システム48が使用され得る。例えば、画像メモリの画像が表示装置50上に表示され得る。

【0037】

一部の例では、データバッファ36、事象検証プロセッサ38、リストモードメモリ40、画素補償プロセッサ42、再構成プロセッサ44、及び画像メモリ46のうちの1つ又は複数が制御システム48と一体化される。例えば、再構成プロセッサ44、画素補償プロセッサ42、及び事象検証プロセッサ38が制御システム48の共通のプロセッサを

10

20

30

40

50

共用することができる。その場合、再構成プロセッサ 44、画素補償プロセッサ 42、及び事象検証プロセッサ 38 が典型的にはソフトウェアモジュールとして実装される。ソフトウェアモジュールは制御システムのメモリ上に記憶され、制御システムのプロセッサによって実行される。

【0038】

図5を参照し、PETイメージングにおける欠落画素を補償するための方法100が示されている。方法100は、1個又は複数個のプロセッサ42、44によって適切に実行される。その関連で、方法100は、典型的にはメモリ上に記憶され、プロセッサ42、44によって実行されるプロセッサ実行可能命令によって実施される。

【0039】

方法100によれば、対象者の標的ボリウムを表し、PETスキャナ12によって生成されるPETデータが受信される(102)。PETデータは、スキャナ12の1つ又は複数の画素についてデータが欠落している。これらの所謂欠落画素は、シンチレータの性能、感光素子とシンチレータとの間の光結合、感光素子、及び処理を行う電子機器の1つ又は複数の問題によって生じ得る。感光素子の例はSiPM及びPMTを含む。受信されるPETデータを使用し、欠落画素についてPETデータが推定される(104)。SPECTとは対照的に、PETデータは三次元(3D)である。従って、PETデータを推定するプロセスはSPECTよりも複雑である。

【0040】

一部の例では、受信されるPETデータがリストモードデータであり、各リスト項目は同時事象に対応する。その場合、欠落画素のPETデータを推定する1つの手法は、近傍画素に関連するリスト項目を複製することを含む。次いで、複製PETデータ内の近傍画素の位置が欠落画素の位置と置き換えられる。近傍画素に関連する全てのリスト項目が使用され得る一方で、リスト項目は知的に選択されても良い。例えば、近傍画素に関連するリスト項目が確率的に選択されても良い。一部の例では、受信されるPETデータが、TOFデータを任意選択的に含むサイノグラムデータである。その場合、欠落画素のPETデータを推定する1つの手法は、欠落画素に関連するサイノグラム領域内の各離散位置の値を近くの位置の値から補間することを含む。例えば最近傍補間が行われ得る。

【0041】

欠落画素のデータが推定されると、受信データと推定データとの組合せが標的ボリウムを表す画像へと再構成される(106)。再構成画像を生成するために、任意の適切な再構成アルゴリズムが使用され得る。例えば、反復型の再構成アルゴリズムが使用され得る。

【0042】

本明細書で使用されるとき、メモリは、ランダムアクセスメモリ(RAM)や読取専用メモリ(ROM)等、データを記憶する任意の装置又はシステムを含む。更に、本明細書で使用されるとき、プロセッサは、マイクロプロセッサ、マイクロコントローラ、グラフィック処理装置(GPU)、特定用途向け集積回路(ASIC)、書替え可能ゲートアレイ(FPGA)等、出力データを生成するために入力装置を処理する任意の装置又はシステムを含み、コントローラは、別の装置又はシステムを制御する任意の装置又はシステムを含み、典型的には少なくとも1個のプロセッサを含み、ユーザ入力装置は、ユーザ入力装置の利用者が別の装置又はシステムに入力を与えることを可能にするマウスやキーボード等の任意の装置を含み、表示装置は、液晶ディスプレイ(LCD)や発光ダイオード(LED)ディスプレイ等、データを表示するための任意の装置を含む。

【0043】

本発明が好ましい実施形態に関して説明されてきた。上記の詳細な説明を読んで理解すれば、修正形態及び改変形態が見出される場合がある。添付の特許請求の範囲又はその均等物の範囲に含まれる限りにおいて、本発明はそのような全ての修正形態及び改変形態を含むものと解釈されることが意図される。

10

20

30

40

【 図 1 】

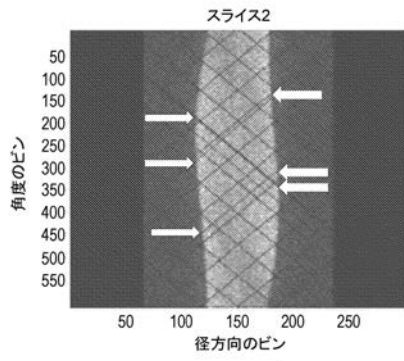


図 1
(従来技術)

【 図 2 】

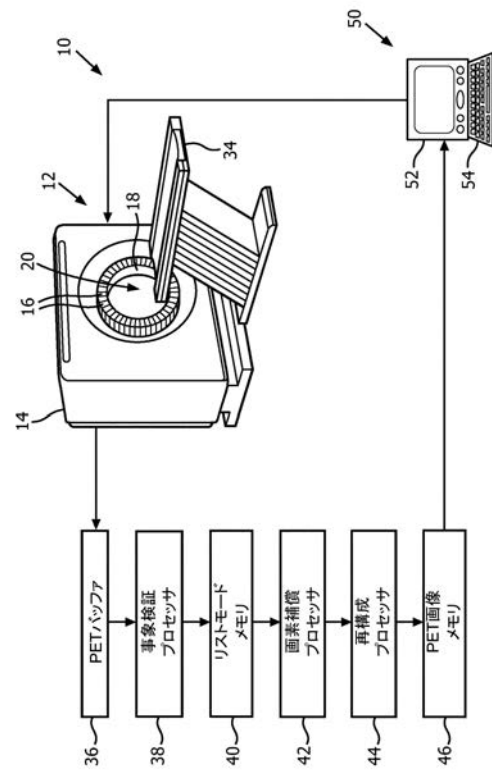


図 2

【 図 3 】

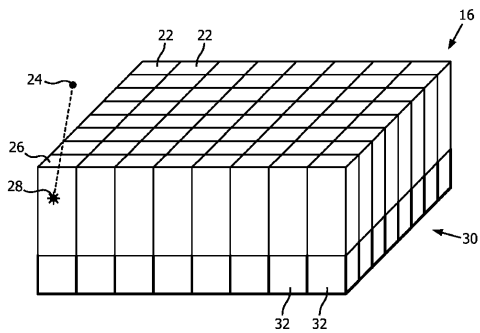


FIG. 3

【 図 4 】

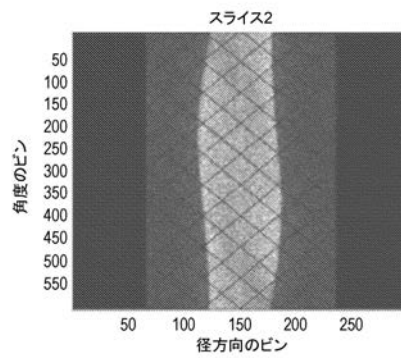


図 4

【 図 5 】

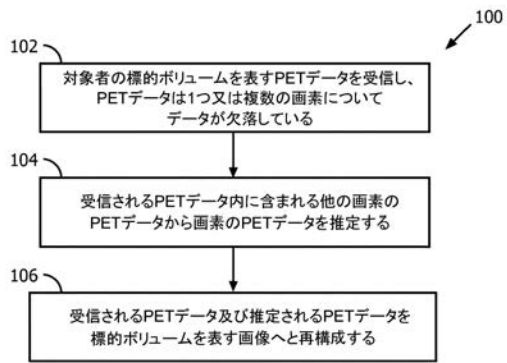


図 5

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/IB2015/051925

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
INV. G01T1/164 G01T1/29 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01T G06T A61B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data, BIOSIS, COMPENDEX, INSPEC		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	
	Relevant to claim No.	
X	US 2008/226032 A1 (LI BAOJUN [US] ET AL) 18 September 2008 (2008-09-18)	1,2,6, 8-11,15, 17-19
Y	figures 1, 2, 5-8 paragraphs [0010], [0018], [0025], [0032] - [0040], [0043], [0045]	3-5,7, 12-14, 16,20
X	US 2011/235940 A1 (PAVKOVICH JOHN [US]) 29 September 2011 (2011-09-29)	1,2, 8-11, 17-19
Y	figure 2 paragraphs [0043], [0045]	3-5, 12-14
	WO 03/001243 A2 (KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV [NL]; PHILIPS MED SYST INC [US]) 3 January 2003 (2003-01-03) page 2, line 33 - line 34	
	-/--	
<input checked="" type="checkbox"/>	Further documents are listed in the continuation of Box C.	<input checked="" type="checkbox"/>
	See patent family annex.	
* Special categories of cited documents :		
<p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report	
4 June 2015	16/06/2015	
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL-2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Johnstone, John	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/1B2015/051925

(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2006/097175 A1 (GANIN ALEXANDER [US] ET AL) 11 May 2006 (2006-05-11)	7, 16
A	paragraphs [0015], [0018] -----	4, 13
Y	US 2012/068076 A1 (DAGHIGHIAN FARHAD [US]) 22 March 2012 (2012-03-22) figure 8a/b paragraph [0056] -----	20

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/IB2015/051925

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2008226032 A1	18-09-2008	US 2008226032 A1	18-09-2008
		US 2011116700 A1	19-05-2011
US 2011235940 A1	29-09-2011	US 2011235940 A1	29-09-2011
		WO 2011119478 A2	29-09-2011
WO 03001243 A2	03-01-2003	EP 1402286 A2	31-03-2004
		JP 4401166 B2	20-01-2010
		JP 2004532998 A	28-10-2004
		US 6694172 B1	17-02-2004
		WO 03001243 A2	03-01-2003
US 2006097175 A1	11-05-2006	NONE	
US 2012068076 A1	22-03-2012	NONE	

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

(72)発明者 ローレンス トーマス レロイ
オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン ハイ テック キャンパス ビルディング
5

(72)発明者 ワン シャロン シャオロン
オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン ハイ テック キャンパス ビルディング
5

Fターム(参考) 4C188 EE02 FF07 GG18 GG19 JJ02 KK01 KK15 KK21 KK29 KK33